



日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日
Date of Application:

2001年 1月19日

出願番号
Application Number:

特願2001-011218

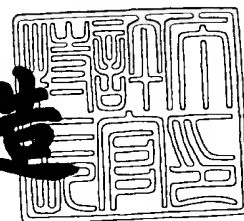
出願人
Applicant(s):

株式会社東芝
株式会社荏原製作所

2001年 8月10日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3070871

【書類名】 特許願

【整理番号】 001516

【提出日】 平成13年 1月19日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01B

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番 株式会社東芝セミ
コンダクター社内

【氏名】 山崎 裕一郎

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番 株式会社東芝セミ
コンダクター社内

【氏名】 長濱 一郎太

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社荏原製作所
内

【氏名】 吉川 省二

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社荏原製作所
内

【氏名】 野路 伸治

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社荏原製作所
内

【氏名】 佐竹 徹

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社荏原製作所
内

【氏名】 狩俣 努

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所
内

【氏名】 渡辺 賢治

【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【氏名又は名称】 株式会社東芝

【特許出願人】

【識別番号】 000000239

【氏名又は名称】 株式会社荏原製作所

【代理人】

【識別番号】 100089705

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 2 番 1 号 新大手町ビル 2
0 6 区 ユアサハラ法律特許事務所

【弁理士】

【氏名又は名称】 社本 一夫

【電話番号】 03-3270-6641

【選任した代理人】

【識別番号】 100080137

【弁理士】

【氏名又は名称】 千葉 昭男

【選任した代理人】

【識別番号】 100083895

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 茂

【選任した代理人】

【識別番号】 100093713

【弁理士】

【氏名又は名称】 神田 藤博

【選任した代理人】

【識別番号】 100093805

【弁理士】

【氏名又は名称】 内田 博

【選任した代理人】

【識別番号】 100106208

【弁理士】

【氏名又は名称】 宮前 徹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 051806

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0010958

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電子線を用いた撮像装置及びその撮像装置を用いたデバイスの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 電子銃から放出された電子ビームを対象に照射し、対象から放出された電子を検出器を用いて検出し、前記対象の画像情報の収集、対象の欠陥の検査等を行う撮像装置において、

前記対象に帯電した電荷を均一化若しくは低減化する手段を有することを特徴とする撮像装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の撮像装置において、前記手段が、前記電子銃と前記対象との間に配置されていて、前記帯電した電荷を制御可能な電極を備えることを特徴とする撮像装置。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の撮像装置において、前記手段は計測タイミングの空き時間に動作する用になされている撮像装置。

【請求項 4】 請求項 1 に記載の撮像装置において、
複数の電子ビームを前記対象に照射する少なくとも 1 以上の一次光学系と、
前記対象から放出された電子を少なくとも 1 以上の検出器に導く少なくとも 1 以上の二次光学系とを有し、

前記複数の一次電子ビームは、互いに前記二次光学系の距離分解能より離れた位置に照射されるものである撮像装置。

【請求項 5】 請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の撮像装置を用いてプロセス途中のウエハの欠陥を検出するデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は、電子ビームを用いて対象の表面を撮像する撮像装置に関し、詳しくは、半導体製造工程におけるウエハの欠陥を検出する場合のように、電子ビームを検査対象に照射してその表面の性状に応じて変化する二次電子を捕捉して画像変換し、その画像に変換し得たパターンと正常パターンとを比較して、検査対象

のパターンの微細な欠陥を検出し、更にはその欠陥の種別、程度等を分析するために使用するのに適した撮像装置並びにそのような撮像装置を用いたデバイスの製造方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来技術】

基板の表面に荷電粒子ビームを照射して走査し、その基板の表面から発生する二次荷電粒子を検出してその検出結果から画像データを作成し、ダイ毎のデータと比較することによってその基板に形成された画像の欠陥等を検査する装置は、既に知られている。

【 0 0 0 3 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記公報に記載されたものを含め、従来のこの種の撮像装置では、検査対象である基板の表面の電位分布が必ずしも均一になっておらず、撮像した画像のコントラストが十分でなく、歪みを有する問題があった。

【 0 0 0 4 】

本発明が解決しようとする一つの課題は、スループットを低下させることなく欠陥検出の性能を向上した撮像装置を提供することである。

本発明が解決しようとする他の課題は、検査対象からの二次電子の検出により得られた画像のコントラストを向上して欠陥検出の性能を向上した撮像装置を提供することである。

本発明が解決しようとする別の課題は、検査対象の表面の電位分布を均一化することによってその表面からの二次電子の検出により得られた画像のコントラストを向上して歪みを減少させ、欠陥検出の性能を向上した撮像装置を提供することである。

本発明が解決しようとする更に別の課題は、上記のような撮像装置を用いてプロセス途中の試料を評価するデバイスの製造方法を提供することである。

【 0 0 0 5 】

【課題を解決するための手段】

本願の発明は、電子銃から放出された電子ビームを対象に照射し、対象から放

出された電子を検出器を用いて検出し、前記対象の画像情報の収集、対象の欠陥の検査等を行う撮像装置において、前記対象に帯電した電荷を均一化若しくは低減化する手段を有して構成されている。

【 0 0 0 6 】

前記本発明の撮像装置の一つの態様において、前記手段が、前記電子銃と前記対象との間に配置されていて、前記帯電した電荷を制御可能な電極を備えていてもよく、また、前記手段が計測タイミングの空き時間に動作するようにされていてもよい。

前記本発明の撮像装置の一つの態様において、複数の電子ビームを前記対象に照射する少なくとも1以上の一次光学系と、前記対象から放出された電子を少なくとも1以上の検出器に導く少なくとも1以上の二次光学系とを有し、前記複数の一次電子ビームは、互いに前記二次光学系の距離分解能より離れた位置に照射されるものであってもよい。

本願の他の発明は、上記の撮像装置を用いてプロセス途中のウエハの欠陥を検出する事を特徴とするデバイスの製造方法を提供することである。

【 0 0 0 7 】

【実施の形態】

以下図面を参照して本発明による撮像装置の一つの実施の形態について説明する。

図1において、本実施の形態による撮像装置1が模式的に示されている。この撮像装置1は、一次光学系10と、二次光学系20と、検出系30と、対象に帯電した電荷を均一化若しくは低減化する電荷制御手段40とを備えている。一次光学系10は、電子線又は荷電粒子線を検査対象（以下対象）Sの表面に照射する光学系で、電子線を放出する電子銃11と、電子銃11から放出された一次電子ビームE1を集束する静電レンズ12及び縮小する静電レンズ13と、一次電子ビームをその光軸が対象の面に垂直になるように偏向するウィーンフィルタすなわちE×B分離器14と、電子線を集束する静電レンズ15及び拡大する静電レンズ16と、を備え、それらは、図1に示されるように電子銃11を最上部にして順に、しかも電子銃から放出される一次電子線E1の光軸が対象Sの表面（

試料面) に鉛直な線に対して傾斜して配置されている。E×B 偏向器 1 4 は電極 1 4 1 及び磁石 1 4 2 を備えている。

【0 0 0 8】

二次光学系 2 0 は一次光学系の E×B 型偏向器 1 4 の上側に配置された静電レンズ 2 1 及び 2 2 を備えている。検出系 3 0 は、二次電子 E 2 を光信号に変換するシンチレータ及びマイクロチャンネルプレート (MCP) の組み合わせ 1 3 と、光信号を電気信号に変換する CCD 3 2 と、画像処理装置 3 3 とを備えている。上記一次光学系 1 0、二次光学系 2 0 及び検出系 3 0 の各構成要素の構造及び機能は従来のもと同じであるから、それらについての詳細な説明は省略する。

【0 0 0 9】

対象に帯電した電荷を均一化若しくは低減化する電荷制御手段 4 0 は、この実施例では、対象 S とその対象 S に最も近接した一次光学系 1 0 の静電偏向レンズ 1 6 との間で対象 S に接近させて配置された電極 4 1 と、電極 4 1 に電氣的に接続された切換スイッチ 4 2 と、その切換スイッチ 4 2 の一方の端子 4 2 1 に電氣的に接続された電圧発生器 4 3 と、切換スイッチ 4 2 の他方の端子 4 2 2 に電氣的に接続された電荷検出器 4 4 とを備えている。電荷検出器 4 4 は高いインピーダンスを有している。電荷低減手段 4 0 は、更に、一次光学系 1 0 の電子銃 1 1 と静電レンズ 1 2 との間に配置されたグリッド 4 5 と、グリッド 4 5 に電氣的に接続されている電圧発生器 4 6 とを備えている。タイミングジェネレータ 4 7 が、検出系 3 0 の CCD 3 2 及び画像処理装置 3 3、電荷低減手段 4 0 の切換スイッチ 4 2、電圧発生器 4 3 並びに電荷検出器 4 4 及び 4 6 に動作タイミングを指令するようになっている。

【0 0 1 0】

次に、上記構成の電子線装置 1 の動作に付いて説明する。

電子銃 1 1 から放出された一次電子ビーム E 1 は、一次光学系 1 0 の静電レンズ 1 2 及び 1 3 を経て E×B 偏光器 1 4 に達し、その E×B 偏光器 1 4 により対象 S の面に対して鉛直になるように偏向され、更に静電偏光器 1 5 及び 1 6 を介して対象 S の表面 (対象面) S F を照射される。対象 S の表面 S F からは対象の性状に応じて二次電子 E 2 が放出される。この二次電子 E 2 は二次光学系 2 0 の

静電レンズ 2 1 及び 2 2 を介して検出系 3 0 のシンチレータ及び MCP の組み合わせ 1 3 に送られ、そのシンチレータにより光に変換され、その光は CCD 3 2 により光電変換され、その変換された電気信号により画像処理装置 3 3 が二次元画像（階調を有する）を形成する。なお、通常のこの種の検査装置と同様に、対象に照射される一次電子ビームは、一次電子ビームを公知の偏向手段（図示せず）により走査させることによって、又は、対象を支持するテーブル T を X、Y の二次元方向に移動させることにより、或いは、それらの組合せにより、対象面 S F 上の必要箇所全体を照射させてその対象面のデータを収集できるようになっている。

【 0 0 1 1 】

対象 S に照射された一次電子線 E 1 により対象 S の表面近傍には電荷が生じ、正に帯電する。その結果、対象 S の表面 S F から発生する二次電子 E 2 は、この電荷とのクーロン力により、電荷の状況に応じて軌道が変化する。その結果、画像処理装置 3 3 に形成される画像に歪みが発生することになる。対象面 S F の帯電は、対象 S の性状により変化するため、対象としてウエハを用いた場合、同一ウエハでも必ずしも同一ではないし、時間的にも変化する。従って、ウエハ上の 2 カ所のパターンを比較する場合に誤検出が発生する虞がある。

【 0 0 1 2 】

そこで、本発明によるこの実施の形態では、検出系 3 0 の CCD 3 2 が画像を 1 走査分捕捉した後の空き時間を利用して、高インピーダンスを有する電荷検出器 4 4 により、対象 S の近傍に配置された電極 4 1 の帯電量を計測する。そして計測した帯電量に応じた電子を照射させる電圧を電圧発生器 4 3 で発生させ、計測後に切換スイッチ 4 2 を動作させて電極 4 1 を電圧発生器 4 3 に接続し、電圧発生器により発生された電圧を電極 4 1 に印加することにより帯電した電化を相殺する。これにより画像処理装置 3 3 に形成される画像に歪みが発生しないようになっている。具体的には、電極 4 1 に通常の電圧が与えられている時は集束した電子線を対象 S に照射するが、電極 4 1 に別の電圧を与えると合焦条件が大きくずれ、帯電が予想される広い領域に小さい電流密度で照射が行われ、正に帯電した対象の正電荷を中和させる。上記のような相殺の動作は走査毎に実施される

【 0 0 1 3 】

ウェーネルト電極すなわちグリッド45は、空き時間のタイミング中に電子銃11から照射される電子ビームを停止させ、帯電量の計測及び帯電の相殺動作を安定に実行する機能を有する。上記動作のタイミングは、タイミングジェネレータ47によって指令され、例えば、図2のタイミングチャートに示されるようなタイミングである。なお、帯電量は対象としてウエハを使用した場合、その位置によって異なるため、CCDの走査方向に電極41、切換スイッチ42、電圧発生器43及び電荷検出器44を複数組設けて細分化し、より精度の高い制御を行うことも可能である。なお、上記実施例では電子銃により発生された電子線を複数のビームに成形する開口板が示されてないが、必要に応じて設けてもよい。

【 0 0 1 4 】

次に図3及び図4を参照して本発明による半導体デバイスの製造方法の実施例を説明する。

図3は、本発明による半導体デバイスの製造方法の一実施例を示すフローチャートである。この実施例の製造工程は以下の主工程を含んでいる。

- (1) ウエハを製造するウエハ製造工程（又はウエハを準備するウエハ準備工程）
- (2) 露光に使用するマスクを製造するマスク製造工程（又はマスクを準備するマスク準備工程）
- (3) ウエハに必要な加工処理を行うウエハプロセッシング工程
- (4) ウエハ上に形成されたチップを1個ずつ切り出し、動作可能にならしめるチップ組立工程
- (5) できたチップを検査するチップ検査工程

なお、上記のそれぞれの主工程は更に幾つかのサブ工程からなっている。

【 0 0 1 5 】

これらの主工程の中で、半導体デバイスの性能に決定的な影響を及ぼすのが(3)のウエハプロセッシング工程である。この工程では、設計された回路パターンをウエハ上に順次積層し、メモリやMPUとして動作するチップを多数形成

する。このウエハプロセッシング工程は以下の各工程を含んでいる。

- (1) 絶縁層となる誘電体薄膜や配線部、或いは電極部を形成する金属薄膜等を形成する薄膜形成工程（CVDやスパッタリング等を用いる）
- (2) この薄膜層やウエハ基板を酸化する酸化工程
- (3) 薄膜層やウエハ基板等を選択的に加工するためにマスク（レチクル）を用いてレジストパターンを形成するリソグラフィー工程
- (4) レジストパターンに従って薄膜層や基板を加工するエッチング工程（例えばドライエッチング技術を用いる）
- (5) イオン・不純物注入拡散工程
- (6) レジスト剥離工程
- (7) 加工されたウエハを検査する工程

なお、ウエハプロセッシング工程は必要な層数だけ繰り返し行い、設計通り動作する半導体デバイスを製造する。

【0016】

図4は、図3のウエハプロセッシング工程の中核をなすリソグラフィー工程を示すフローチャートである。このリソグラフィー工程は以下の各工程を含む。

- (1) 前段の工程で回路パターンが形成されたウエハ上にレジストをコートするレジスト塗布工程
- (2) レジストを露光する工程
- (3) 露光されたレジストを現像してレジストのパターンを得る現像工程
- (4) 現像されたレジストパターンを安定化するためのアニール工程

上記の半導体デバイス製造工程、ウエハプロセッシング工程、リソグラフィー工程については、周知のものでありこれ以上の説明を要しないであろう。

上記(7)の検査工程に本発明に係る欠陥検査方法、欠陥検査装置を用いると、微細なパターンを有する半導体デバイスでも、スループット良く検査できるので、全数検査が可能となり、製品の歩留まりの向上、欠陥製品の出荷防止が可能と成る。

【0017】

次に本発明の撮像装置の他の実施形態1aを図5を参照して説明する。この実

施の形態においては一次光学系 1 0 a の光軸が対象 S の検査面に垂直になっている、二次光学系が E × B 分離器により一次光学系の光軸に斜めに偏向されている。図 1 に示される実施形態と同じ構成要素に付いては同じ参照数字用い、接尾語 a を付して説明する。電子銃 1 1 a から放出された電子線は、コンデンサレンズ 1 2 a によって集束されて点 4 においてクロスオーバーを形成する。

コンデンサレンズ 1 2 a の下方には、複数の開口を有する第 1 のマルチ開口板 1 7 a が配置され、これによって複数の一次電子線が形成される。第 1 のマルチ開口板 1 7 a によって形成された一次電子線のそれぞれは、縮小レンズ 1 3 a によって縮小されて、点 5 に投影される。点 5 で合焦した後、対物レンズ 1 6 a によって対象 S に合焦される。第 1 のマルチ開口板 1 7 a から出た複数の一次電子線は、縮小レンズ 1 3 a と対物レンズ 1 6 a との間に配置された偏向器により、同時に対象 S の面上を走査するように偏向される。

【 0 0 1 8 】

縮小レンズ 1 3 a 及び対物レンズ 1 6 a の像面湾曲収差の影響を少なくするため、図 1 に示されるマルチ開口板 1 7 a の複数の開口は光軸を中心にした円の円周上に配置され、その X 方向への投影したものは等間隔となる構造になっている。

合焦された複数の一次電子線によって、対象 S の複数の点が照射され、照射されたこれらの複数の点から放出された二次電子線は、対物レンズ 1 6 a の電界に引かれて細く集束され、E × B 分離器 1 4 a で偏向され、二次光学系 2 0 a に投入される。二次電子像は点 5 より対物レンズ 1 6 a に近い点 6 で焦点を結ぶ。これは、各一次電子線は対象面上で 5 0 0 e V のエネルギーを持っているのに対して、二次電子線は数 e v のエネルギーしか持っていないためである。

【 0 0 1 9 】

二次光学系 2 0 a は拡大レンズ 2 1 a、2 2 a を有しており、これらの拡大レンズ 2 1 a、2 2 a を通過した二次電子線は第 2 のマルチ開口板 2 3 a の複数の開口に結像する。そしてそこを通して複数の検出器 3 1 a で検出される。なお、検出器 3 1 a の前に配置された第 2 のマルチ開口板 2 3 a に形成された複数の開口と、第 1 のマルチ開口板 1 7 a に形成された複数の開口とは一対一に対応する。

【 0 0 2 0 】

それぞれの検出器 3 1 a は、検出した二次電子線を、その強度を表す電気信号に変換する。こうして各検出器から出力された電気信号は増幅器 3 5 a によってそれぞれ増幅された後、画像処理部 3 3 a によって受信され、画像データに変換される。画像処理部 3 3 a には、一次電子ビームを偏向させるための走査信号が更に供給されるので、画像処理部 3 3 a は対象 S の表面を表す画像を表示する。この画像を標準パターンと比較することにより、対象 S の欠陥を検出することができ、また、レジストレーションにより対象 S 上の被測定パターンを一次光学系の光軸の近くへ移動させ、ラインスキャンすることによって線幅評価信号を取り出し、これを適宜に校正することにより、対象 S 上のパターンの線幅を測定することができる。

ここで、第 1 のマルチ開口板 1 7 a の開口を通過した一次電子ビームを試料 S の表面上に合焦させ、試料 S から放出された二次電子を検出用マルチ開口 2 3 1 a に結像させる際に、一次光学系及び二次光学系で生じる歪み、像面湾曲及び視野非点という三つの収差による影響を最小にするように配慮した方が良い。

【 0 0 2 1 】

次に、複数の一次電子線の位置間隔と、二次光学系との関係については、一次電子ビームの間隔を、二次光学系の収差よりも大きい距離だけ離せば複数のビーム間のストロークをなくすことができる。

【 0 0 2 2 】

【発明の効果】

本発明によれば、次のような効果を奏することが可能である。

(イ) 帯電によって発生する画像の歪みを検査対象の性状によらず低減することができる。

(ロ) 従来の計測タイミングの空き時間を利用して帯電の均一化、相殺を実行するため、スループットに何ら影響を及ぼすことがない。

(ハ) リアルタイムで処理が可能であるため、事後処理の時間、メモリー等を必要としない。

(二) 高速で精度の高い画像の観測、欠陥検出が可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明による撮像装置の一つの実施形態の模式図である。

【図 2】

図 1 の撮像装置の対象に帯電した電荷を均一化又は低減かする動作タイミングを示す図である。

【図 3】

本発明による半導体デバイスの製造方法の一実施例を示すフローチャートである。

【図 4】

図 3 のウェハプロセッシング工程の中核をなすリソグラフィ工程を示すフローチャートである。

【図 5】

[A] は本発明による撮像装置の他の実施形態の模式図であって、[B] は [A] に示されるマルチ開口板の平面図であり、実線図示の小円と破線図示の大円とは第 1 及び第 2 のマルチ開口板の開口の大きさを比較して示す。

【符号の説明】

1、1 a 撮像装置

1 0、1 0 a 一次光学系

1 1、1 1 a 電子銃

1 2、1 2 a、1 3、1 3 a、1 5、1 6、1 6 a 静電レンズ

1 4、1 4 a E×B 偏向器

1 7 a マルチ開口板

2 0、2 0 a 二次光学系

2 1、2 1 a、2 2、2 2 a 静電レンズ

3 0、3 0 a 検出系

3 1 シンチレータ及び MCP

3 2 CCD

3 3、3 3 a 画像処理部

4 0 電荷制御手段

4 1 電極

4 2 切換スイッチ

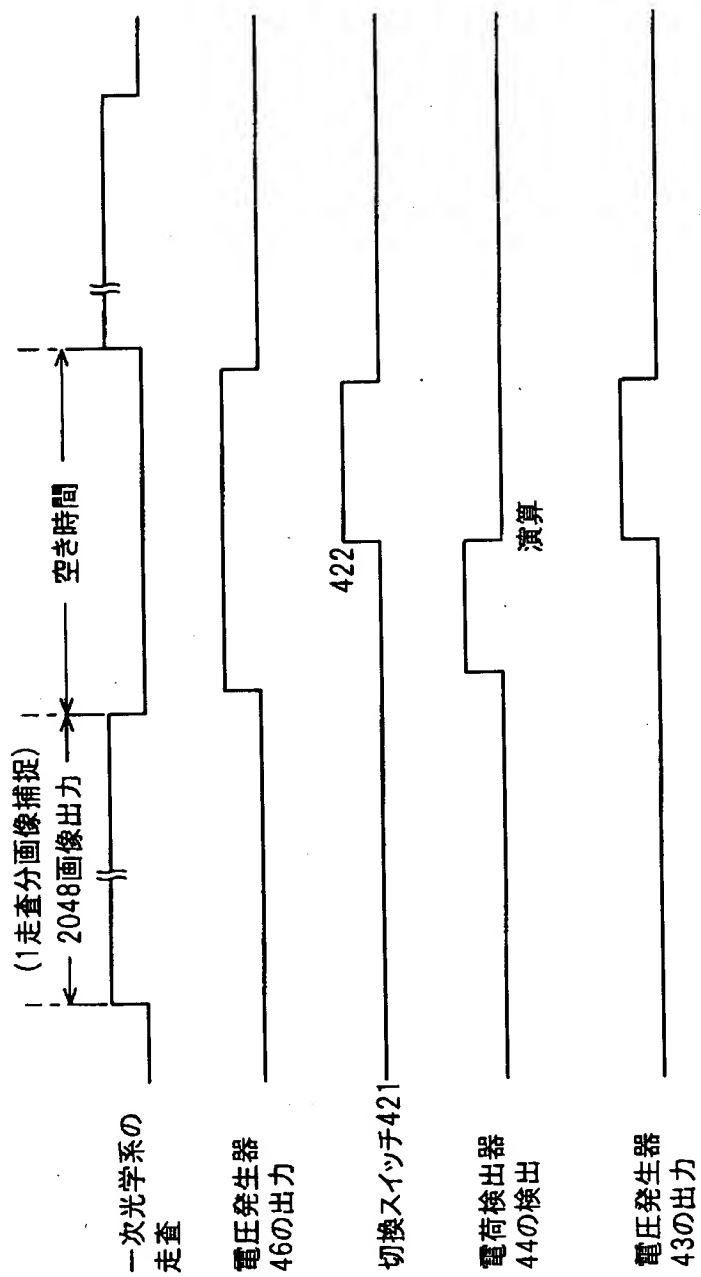
4 3 電圧発生器

4 4 電荷検出器

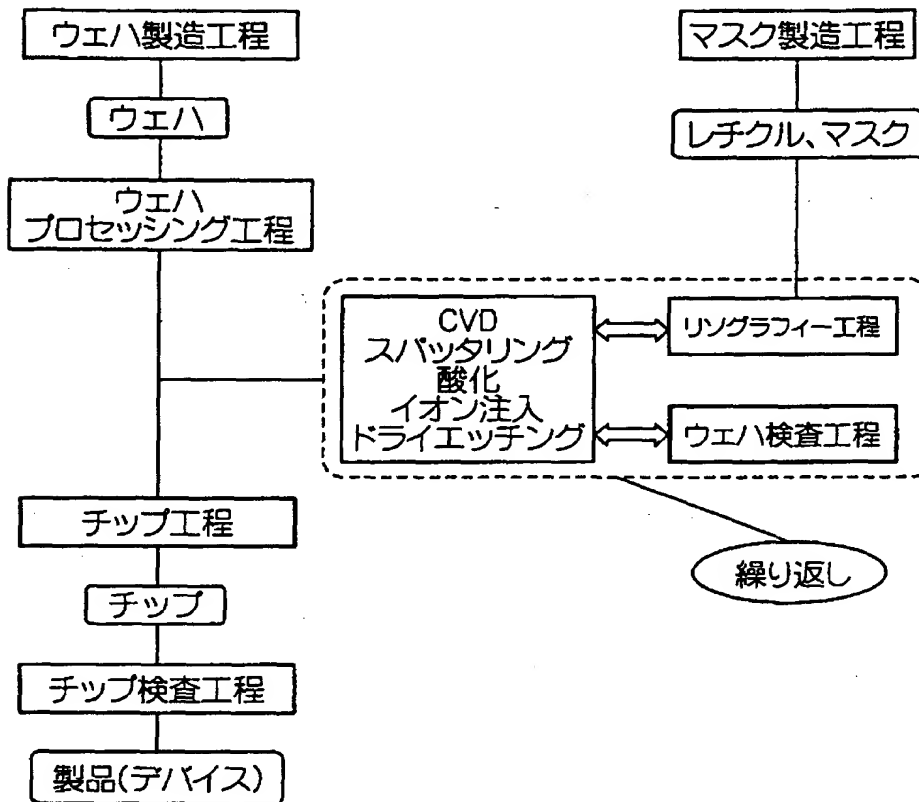
4 5 グリッド

4 6 電圧発生器

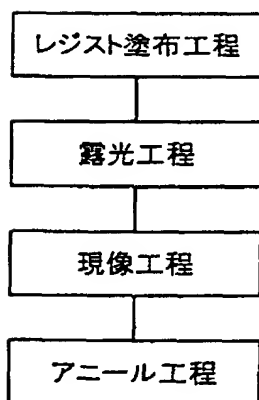
【図 2】



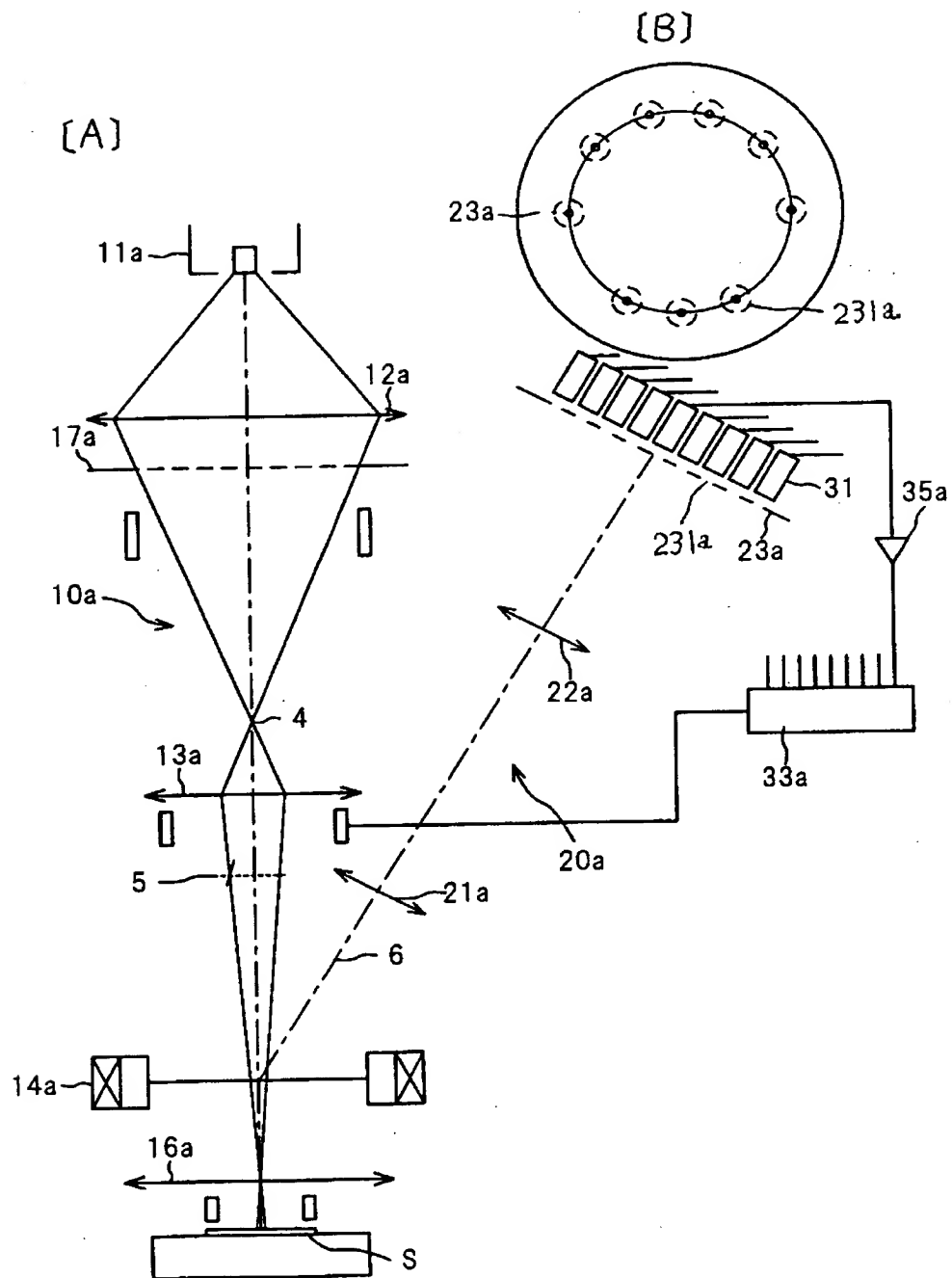
【図3】



【図4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】本発明は、電子銃から放出された電子ビームを対象Sに照射し、対象から放出された電子を検出器31、31aを用いて検出し、前記対象の画像情報の収集、対象の欠陥の検査等を行う撮像装置1、1aであって、前記対象に帯電した電荷を均一化若しくは低減化する手段40を有している。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日 1990年 8月22日
[変更理由] 新規登録
住 所 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
氏 名 株式会社東芝
2. 変更年月日 2001年 7月 2日
[変更理由] 住所変更
住 所 東京都港区芝浦一丁目1番1号
氏 名 株式会社東芝

特2001-011218

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000239]

1. 変更年月日 1990年 8月31日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都大田区羽田旭町11番1号
氏 名 株式会社荏原製作所